

ОСОБЕННОСТИ ГЕТЕРОФАЗНОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛИ 20 ПОСЛЕ СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКИ

Афанасьев С.В., Селеверстов А.И.

Руководитель - профессор т.н. Фарбер В.М.

В настоящее время показана перспективность использования гетерофазных сталей с феррито-мартенситной, феррито-бейнитной, феррито-бейнитно-мартенситной структурой взамен феррито-перлитных сталей. Комплекс механических свойств гетерофазных сталей определяется не только соотношением количества и морфологий структурных составляющих, но также твердостью мартенсита (бейнита), пропорционально возрастающей с увеличением количества углерода в аустените, из которого он образуется.

Существуют различные способы получения гетерофазной структуры в низкоуглеродистых сталях, одним из которых является ступенчатая закалка. Путем ступенчатой закалки (аустенитизация при температуре $T_A \approx A_{c3}$ + переохлаждение под Ar_1 + охлаждение в воде) возможно создать крайне неоднородное распределение углерода по микрообъемам аустенита и получить выделение избыточного феррита, наряду с упрочняющей фазой (мартенсит-бейнит).

Материалом исследования являлась сталь 20 промышленной плавки с феррито-перлитной структурой, полученной нормализацией от 900°C . Химический состав стали приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав стали 20, масс.%

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cu	Ni	Cr	Al
20	0,18	0,467	0,21	0,014	0,01	0,005	0,05	0,01	0,025

Целью настоящей работы явилось отыскание параметров ступенчатой закалки, обеспечивающих высокий комплекс механических свойств, благодаря формированию феррито-бейнитно-мартенситной структуры. Сталь имела исходную феррито-перлитную структуру, полученную нормализацией от 900°C . Термическая обработка образцов проводилась в лабораторных печах СНОЛ 2.3.1,5/10. Одна часть образцов нагревалась до температуры 900 или 860°C и после выдержки в течение 30 минут подвергалась закалке в воде. Другая часть образцов, после аустенизации при данных температурах, переохлаждались на 680°C с выдержкой различной длительности и закаливались в воду. Анализ микроструктуры проводился на свето-оптическом микроскопе «OLIMPUS JX51». Для выявления структуры шлифы подвергались травлению в 4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

После закалки ($T_A=900^\circ\text{C}$, $\tau_A=30$ мин.) исследованная сталь имела высокую прочность (твёрдость $\sim 320\text{HV}$, $\sigma_B \approx 1200\text{ МПа}$, $\sigma_{0,2} \approx 1050\text{ МПа}$) и низкие пластические характеристики ($\delta_{\text{общ}} \approx 9\%$, $\delta_p \approx 9\%$), так что основная

задача нового способа термообработки состояла в повышении пластических характеристик, что неминуемо связано со снижением прочности.

После ступенчатой закалки ($T_A=860^\circ\text{C}$ ($\tau_A=30$ мин.) + переохладение на $T_{\Pi}=680^\circ\text{C}$ + закалка в воду), сталь 20 имеет высокий комплекс механических свойств: $\sigma_B \approx 700$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 430$ МПа, $\delta_{\text{общ}} \approx 22\%$, $\delta_r \approx 14\%$. По сравнению с нормализованным состоянием достигается повышение прочностных свойств на $\sigma_B \approx 260$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 100$ МПа, а относительное удлинение $\delta_{\text{общ}}$ превышает уровень требований стандартов на горячекатаную продукцию (лист, профили, трубы и т.д.) большинства групп прочности, для которых относительное удлинение должно составлять величину не менее 12-14%.

Светлооптические исследования показали, что микроструктура стали, после ступенчатой закалки по оптимальным режимам, состоит из зерен избыточного феррита размером 20-50 мкм, находящихся в контакте между собой, и разомкнутых округлых «зерен» размером 10-30 мкм, внутри которых сформировались игольчатые кристаллы мартенсита и бейнита. Площадь «зерен» упрочняющей фазы составляла 40-50%. Анализ кольцевых электронограмм, полученных со всей облучаемой электронами области объекта, показал присутствие остаточного аустенита. Однако однозначно идентифицировать его в структуре не удалось. Таким образом, данные электронной микроскопии показывают, что в низкоуглеродистой стали после ступенчатой закалки наряду с ферритом присутствует спектр сдвиговых продуктов превращения, формирующихся поочередно по мере понижения температуры во все более богатых по углероду областях аустенита.